

**NASKAH PUBLIKASI  
PRARANCANGAN PABRIK GIPSUM  
DENGAN PROSES DESULFURISASI GAS BUANG PLTU  
KAPASITAS 2000 TON/TAHUN**



Oleh:

**FATEKAH LINA NURMA WATI**

**D 500 090 015**

**Dosen Pembimbing:**

- |    |                                     |                          |
|----|-------------------------------------|--------------------------|
| 1. | <b>Ir. Haryanto Abdul Rofiq, MS</b> | <b>NIDN: 0005076302</b>  |
| 2. | <b>Kun Harismah, M.Si, Ph.D</b>     | <b>NIDN : 0606016101</b> |

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2013**

**Lembar Pengesahan**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

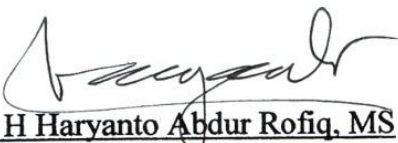
---

Nama : Fatekah Lina Nurma Wati  
NIM : D 500 090 015  
Judul TPP : Prarancangan Pabrik Gypsum dengan Metode Desulfurisasi Gas  
Buang PLTU dengan Kapasitas 20 Ton/Tahun  
Pembimbing : 1. Ir. Haryanto Abdur Rofiq, MS  
2. Kun Harismah, M.Sc, Ph.D


Surakarta, Juli 2013

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

  
Ir. H Haryanto Abdur Rofiq, MS  
NIP. 196307051990031002

Dosen Pembimbing II

  
Kun Harismah, Ph.D  
NIK. 402

## SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Bismillaahirrahmaanirrohiim

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Fatekah Lina Nurma Wati  
NIM : D500 090 015  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia  
Jenis : Skripsi  
Judul : PrarancanganPabrikGypsum dari Batu Gamping dan Gas  
buang PLTU dengan Proses Desulfurisasi Kapasitas  
2000Ton/Tahun

Dengan ini menyatakan bahwa saya menyetujui untuk:

1. Memberikan hak bebas royalti kepada Perpustakaan UMS atas penulisan karya ilmiah saya, demi pengembangan ilmu pengetahuan,
2. Memberikan hak menyimpan, mengalihmediakan/mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, serta menampilkannya dalam bentuk *softcopy* untuk kepentingan akademis kepada Perpustakaan UMS, tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta,
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UMS, dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan semoga dapat digunakan sebagaimana semestinya.

Surakarta, 16 Juli 2013  
Yang membuat pernyataan,

  
(FATEKAH LINA NURMA WATI)

## A. PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan di Indonesia pada era globalisasi ini semakin meningkat. Hal ini ditandaikan dengan adanya berbagai kegiatan pembangunan terkhususnya pembangunan secara fisik. Pembangunan fisik meliputi kegiatan pembangunan gedung-gedung bertingkat, jalan raya, pusat perbelanjaan, dll. Adanya berbagai kegiatan pembangunan ini berpengaruh terhadap kebutuhan semen sebagai salah satu material bangunan yang sering dan harus digunakan. Peningkatan kebutuhan industri semen akan meningkatkan pula kebutuhan gypsum sebagai salah satu bahan pembantu dalam industri pembuatan semen yaitu untuk memperlambat waktu pengerasan. Selain dimanfaatkan dalam industri semen, gypsum juga dapat digunakan sebagai plaster dan yang paling umum digunakan adalah sebagai papandinding.

Kebutuhan gypsum di Indonesia dicukupi dengan produksi dalam negeri maupun impor dari luar negeri. Produksi gypsum di Indonesia masih belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan gypsum di Indonesia sehingga masih diperlukan impor dari luar negeri. Untuk mengurangi kegiatan impor gypsum, maka perlu didirikan industri gypsum di Indonesia. Dengan pendirian industri gypsum diharapkan mampu mencukupi kebutuhan gypsum di Indonesia. Salah satu proses yang digunakan dalam pembuatan gypsum adalah desulfurisasi gas buang Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

PLTU dalam melaksanakan produksinya, menggunakan batubara sebagai sumber bahan bakar yang kemudian digunakan untuk memanaskan air yang diubah menjadi steam penggerak turbin listrik. Dalam proses pembakaran batubara, PLTU akan menghasilkan sejumlah besar gas buang di mana terkandung gas beracun dan berbahaya jika langsung dibuang ke lingkungan. Oleh sebab itu perlu adanya proses *recovery* gas buang ( $\text{SO}_2$ ) sebagai salah satu bentuk tanggung jawab pihak industri terkait dalam menjaga kelestarian lingkungan.

## B. PERANCANGAN KAPASITAS

Pabrik gipsum ini adalah pabrik yang memanfaatkan limbah dari proses pembakaran batubara di PLTU Paiton yang terletak di Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur yang menghasilkan gas yaitu gas  $\text{SO}_2$  yang apabila dibuang langsung ke lingkungan akan mengakibatkan efek kerusakan lingkungan seperti efek rumah kaca dan pemanasan global.  $\text{SO}_2$  juga diperoleh dari hasil pembakaran sulfur yang berlimpah. Untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan maka perlu adanya teknologi yang bias menginovasi agar gas buang tersebut bias terproses menjadi produk yang bernilai jual. Oleh karena itu di pilih proses desulfurisasi gas buang sebagai alternatif dalam memproduksi gipsum.

Proses desulfurisasi menggunakan  $\text{SO}_2$  sebagai salah satu reaktannya sehingga untuk menentukan kapasitas pabrik gipsum ini sangat bergantung dari jumlah gas buang ( $\text{SO}_2$ ) yang dapat terkonversi menjadi gipsum. PLTU Paiton menghasilkan gas buang sebesar 136,59 kg/jam dengan kandungan  $\text{SO}_2$  yaitu 6,9% sehingga diperoleh bahan baku sebesar 0,94 kg/jam. Maka dari itu pabrik gipsum ini dibangun dengan kapasitas 20 ton per tahun. Dengan memilih kapasitas tersebut diharapkan dapat mengurangi dampak emisi gas  $\text{SO}_2$  dan memenuhi kebutuhan gipsum di Indonesia. Berdasarkan faktor ketersediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, tenaga kerja, juga penyediaan utilitas, maka lokasi pabrik ditetapkan di dalam kawasan PLTU Paiton, Probolinggo, Jawa Timur. Sehingga dengan pertimbangan tersebut maka diharapkan pabrik gipsum ini dapat beroperasi secara terus menerus.

### C. PROSES PEMBUATAN GIPSUM DENGAN PROSES DESULFURISASI GAS BUANG PLTU

Proses pembuatan gipsum dilakukan dengan proses desulfurisasi gas buang PLTU. Batu Gamping ( $\text{CaO}$ ) direaksikan dengan sejumlah air didalam *Mixer* sehingga akan terbentuk larutan  $\text{Ca(OH)}_2$ . Gas  $\text{SO}_2$  yang dihasilkan dalam proses pembakaran batubara PLTU akan diinjeksikan kedalam absorber pada bagian bawah dan akan kontak dengan larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  yang disemprotkan melalui bagian atas menara absorber. Pada sisi lain di bagian bawah menara juga diinjeksikan sejumlah udara. Di dalam absorber akan terjadi reaksi kimia dan mekanisme difusi gas  $\text{SO}_2$  masuk kedalam larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  dan akan membentuk lumpur  $\text{CaSO}_4$ . Reaksi ini berlangsung pada suhu  $50^\circ\text{C}$  dan tekanan 1,1 atm. Lumpur yang terbentuk selanjutnya akan melalui proses pemurnian lagi di dalam thickener dan filter. Akhir dari proses pembuatan gipsum adalah pembentukan gipsum anhidrit ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) melalui proses pemanasan pada rentang suhu  $150\text{--}200^\circ\text{C}$  (Fernandez, dkk, 1997).

### D. TINJAUAN KINETIKA

Reaksi pembuatan gipsum merupakan reaksi eksotermis orde 1 yang melalui dua tahap. Persamaan konstanta reaksi ditentukan melalui perhitungan sebagai berikut

Reaksi :



$$\begin{aligned} C_{A_0} &= \frac{F_{A_0}}{V_0} \\ &= \frac{232,6206 \text{ kmol} / \text{jam}}{2.376,3370 \text{ m}^3 / \text{jam}} \\ &= 0,0979 \text{ kmol/m}^3 \end{aligned}$$

$$C_{Bo} = \frac{F_{Bo}}{V_o}$$

$$= \frac{0,0147 \text{ kmol} / \text{jam}}{0,0355 \text{ m}^3 / \text{jam}}$$

$$= 0,4136 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_{Bo} = \frac{F_{Co}}{V_o}$$

$$= \frac{0,1949 \text{ kmol} / \text{jam}}{0,0073 \text{ m}^3 / \text{jam}}$$

$$= 26,6653 \text{ kmol/m}^3$$

Reaksi diatas merupakan reaksi orde 1

karena laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi dari zat pereaksi.

$$r_a = k C_A$$

$$\frac{-dC_A}{dt} = k C_A$$

$$\frac{-dC_{A0}(1-x)}{dt} = k C_{A0}(1-x)$$

$$\frac{-C_{A0}d(1-x)}{dt} = k C_{A0}(1-x)$$

$$-\int \frac{C_{A0}d(1-x)}{C_{A0}(1-x)} = \int k dt$$

$$\frac{dx}{(1-x)} = k dt$$

$$k = \left( \frac{1}{t} \right) (-\ln(1-x))$$

$$X_A = 0,98$$

t = 0,5 detik (Lesson 9, *Flue Gas Desulfurization (Acid Gas Removal) Systems*)

$$k = \left( \frac{1}{1} \right) (-\ln(1-0,98))$$

$$= 2,9957/\text{detik}$$

Sehinggapersamaankecepatanreaksipembuatangipsumadalah :

$$k = 2,9957/\text{detik}$$

## E. KEGUNAAN PRODUK

Adapunkegunaangipsumantaralainsebagai:

- Bahanpembantupembuatan semen,  
yaitusebagaibahanuntukmemperlambatpengerasanpada semen.
- Padabidangkedokteranandanfarmasi, digunakansebagaibahanplester.
- Padaindustri cat, digunakansebagaibahanpengisidancampuran cat putih.
- Padaindustrikeramik, digunakansebagaibahanpengisi.
- Padaindustrielektronika, digunakansebagaibahanpembuatankomponen-komponenelektronika.

## F. TINJAUAN PROSES SECARA UMUM

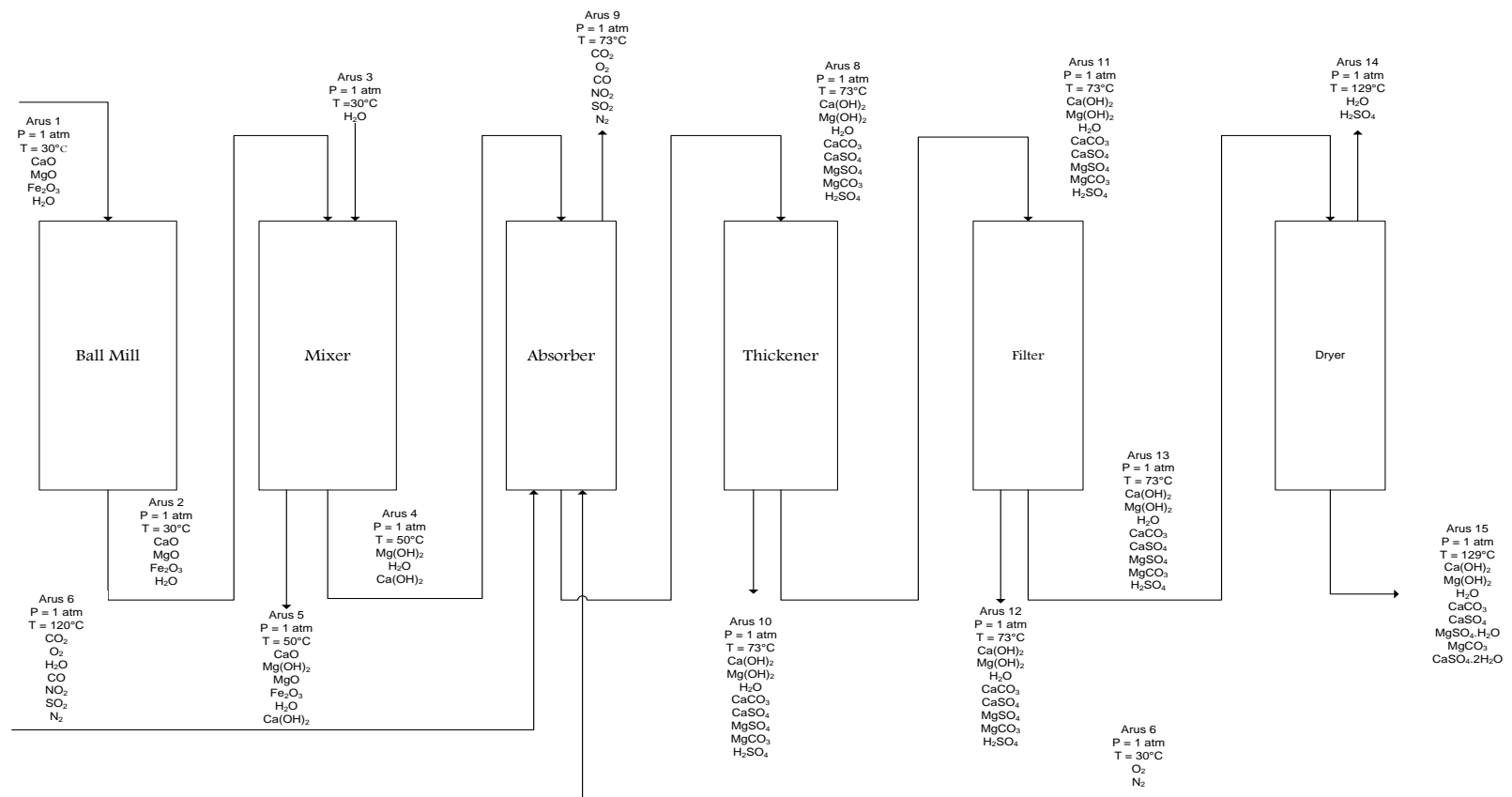
Pembuatangipsummelalui proses desulfurisasi gas buang PLTU secaraumumyaituterdijadimelaluiduareaksi.

ReaksiPERTAMAYaitureaksiantarabatugamping ( $\text{CaO}$ ) denganjumlah air membentuklarutan $\text{Ca(OH)}_2$ kemudianlarutan $\text{Ca(OH)}_2$  yang dihasilkanakandisempotkandaribagianatasmenara absorber yang sebelumnya padabagianbawahmenaradiinjeksikan gas buang ( $\text{SO}_2$ ) danudara disisi yang berbedasehinggaakanterjadireaksikimiadanmekanismedifusi gas  $\text{SO}_2$ kedalamlarutan $\text{Ca(OH)}_2$ sehinggaterbentuklumpur  $\text{CaSO}_4$ . Keseluruhanreaksiterjadi di dalam absorber yang berlangsung padasuhu  $50^\circ\text{C}$  dantekanan 1,1 atm. Lumpur  $\text{CaSO}_4$  yang terbentuk selanjutnyadimurnikan lagi di dalam *thickener* dan *filter*. Tahapakhir proses pembuatangipsumadalah proses pengeringan di dalam *dryer* untuk membentuk gipsum anhidrit,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

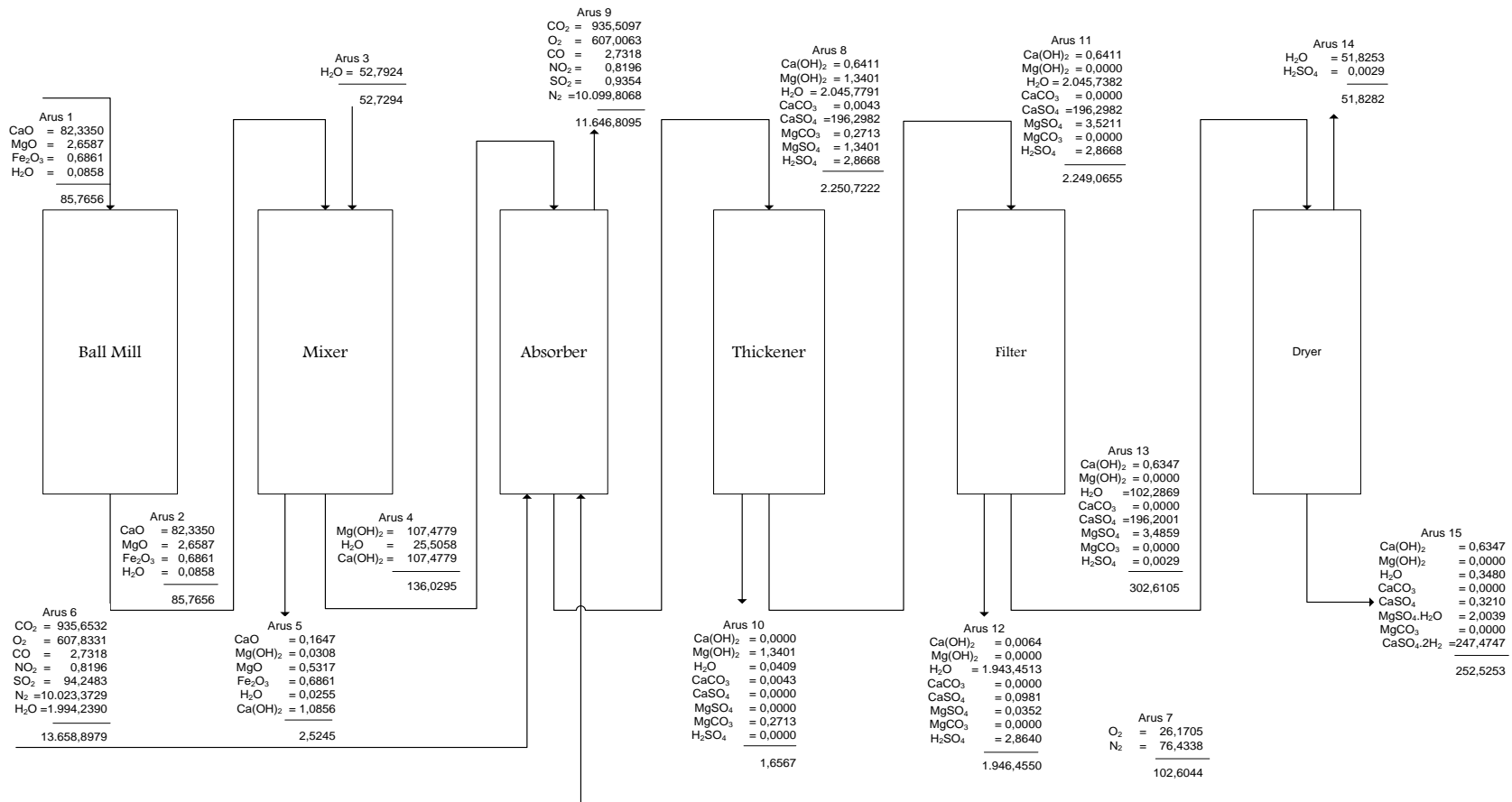
## G. DIAGRAM ALIR



Diagram alir proses pembuatangypsumdapatdilihatpadagambar 1  
dangambar 2 berikutini.



Gambar 1. Diagram AlirKualitatif



Gambar2. Diagram AlirKuantitatif

## H. SPESIFIKASI ALAT UTAMA PROSES

Berikut ini merupakan spesifikasi alat proses produksi gipsum.

### 1. *Absorber*

Kode	:	D-101
Fungsi	:	Mereaksikan <i>flue gas</i> sebesar 13.658,90 kg/jam dan kalsium hidroksida sebesar 107,48 kg/jam pada fase padat menjadi kalsium sulfat sebesar 196,30 kg/jam
Kondisi Operasi		
Suhu	:	73,03°C
Tekanan	:	1,1 atm
Bahan	:	<i>Stainless Steel</i>
Dimensi <i>Absorber</i>		
Tinggi <i>Packing</i>	:	6,10 m
Tinggi menara	:	7,31 m
Diameter menara	:	2,1
Jenis <i>packing</i>	:	<i>Raschig Ring</i>
Tinggi <i>shell</i>	:	3/16 in
Tinggi <i>head</i>	:	12,26 in
Tebal <i>head</i>	:	3/16 in
Harga	:	US \$ 54.764,4

## 2. Mixer

Kode	:	M-101
Fungsi	:	MelarutkanumpanCaOsebesar 82,34 kg/jam dengan H <sub>2</sub> O sebesar 52,79kg/jam
KondisiOperasi		
Suhu	:	30°C
Tekanan	:	1atm
Bahan	:	<i>Carbon steel</i>
DimensiMixer		
Tinggishell	:	1,06 m
Diameter shell	:	1,06 m
Volume tangki	:	0,82 m <sup>3</sup>
Volume shell	:	0,82 m <sup>3</sup>
Volume head	:	0,23 m <sup>3</sup>
Tebalshell	:	¼ in
Tebalhead	:	¼ in
Pengaduk		
Jenis	:	Turbindengan 6 <i>blade disk standard</i>
Jumlahbaffle	:	6 buah
Jumlahpengaduk	:	1 buah
Diameter impeller	:	0,34 m
Panjangimpeller	:	0,07 m
Lebarbaffle	:	0,03 m
Putaranpengaduk	:	176,34 rpm
Power motor	:	1 Hp
Jumlah	:	1 buah
Harga	:	US \$ 87.337,54

### 3. *Thickener*

Kode	: H-101
Fungsi	: Memisahkan padatan impuritas dalam gipsum
Jumlah	: 1
Tipe	: Silinder
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 50,27°C
Bahan	: <i>Stainless Steel</i>
Luas Minimum	: 70.286,41 m <sup>2</sup>
Kedalaman	: 3,05 m
Harga	: US \$ 24.241,07

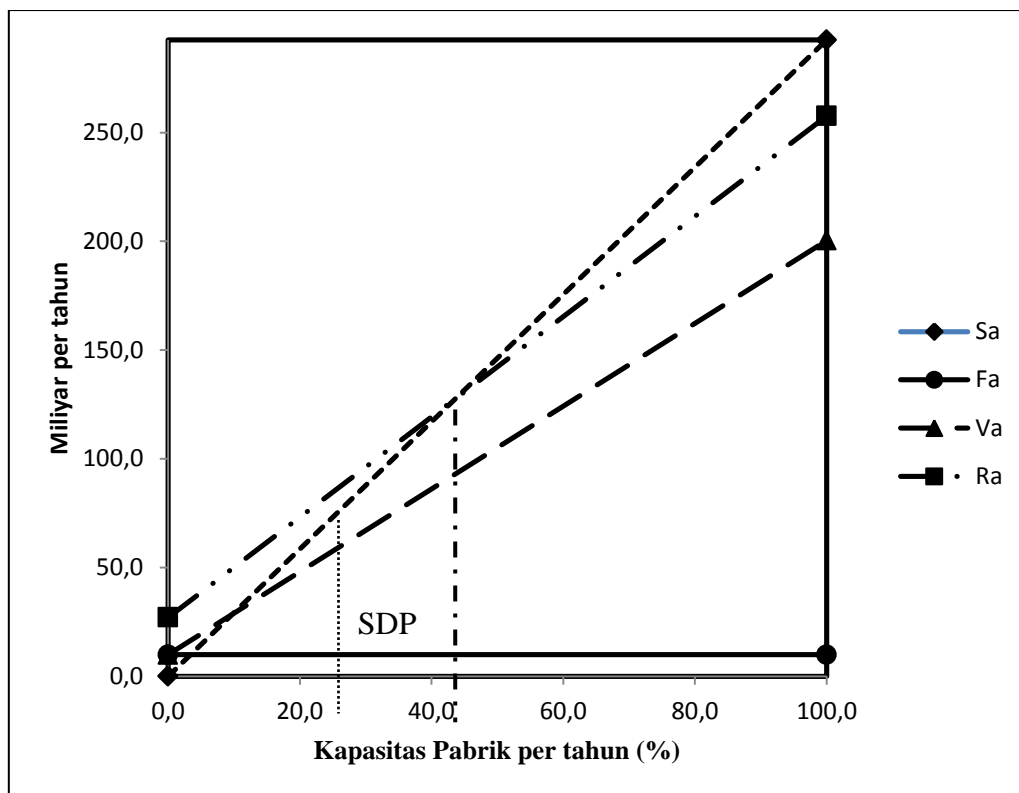
### 4. *Filter*

Kode	: H-201
Fungsi	Memisahkan padatan gipsum dari filtrat air
Kapasitas	: 2.045,74 kg/jam
Tipe	: <i>Rotary drum vacuum filter</i>
Kondisi operasi	
Temperatur	: 73°C
Tekanan	: 1 atm
Volume	: 4,25 m <sup>3</sup>
Panjang	: 7,66 m
Diameter	: 10,33 m
Kecepatan putar	: 2,2 rpm
Luas drum	: 19,04 m <sup>2</sup>
Power motor listrik	: 0,56 Hp
Jumlah	: 1 buah

Harga : US \$ 264.222,31

## I. ANALISIS EKONOMI

Pabrik gipsum ini memerlukan modal tetap Rp 8.695.860.333,73 per tahun, modal kerja Rp 1.037.826.403,03 per tahun. Keuntungan sesudah pajak sebesar Rp 4.203.213.036 per tahun. Dari analisis kelayakan ekonomi menghasilkan ROI sebelum pajak sebesar 68,58% dan sesudah pajak sebesar 42,03%. *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak sebesar 1,27 tahun dan sesudah pajak sebesar 1,72 tahun. *Break Event Point (BEP)* sebesar 41,14% dengan *Shut Down Point (SDP)* sebesar 32,73%. Grafik analisisnya sebagai berikut



Gambar 3. Grafik Analisis Ekonomi

## J. KESIMPULAN

Pabrik gipsum dari batugamping dan gas buang PLTU serta dengan proses desulfurisasi kapasitas 2000 ton/tahun digolongkan pabrik beresiko rendah, karena suplai bahan baku dekat (non-impor) dan dapat mengurangi tingkat penanaman

Hasil analisis kelayakan ekonomi adalah sebagai berikut:

1. Pabrik direncanakan beroperasi selama 330 hari pertahun dengan jumlah karyawan 22 orang
2. Modal tetap sebesar Rp 8.695.860.333,73 per tahun.
3. Modal kerja sebesar Rp 1.037.826.403,03 per tahun.
4. Setelah dipotong pajak keuntungan mencapai Rp 4.203.213.036 per tahun.
5. Percent return on investment (ROI) sebelum pajak sebesar 68,58% dan sesudah pajak sebesar 42,03%.
6. *Pay out time* (POT) sebelum pajak sebesar 1,27 tahun dan setelah pajak 1,72 tahun.
7. *Break event point* (BEP) sebesar 41,14%
8. *Shut down point* (SDP) sebesar 32,73%

Berdasarkan pertimbangan bahwa ROI, BEP, dan SDP untuk pabrik beresiko rendah perhitungannya memenuhi standar, sehingga pabrik gipsum dengan proses desulfurisasi gas buang PLTU ini layak untuk didirikan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Faith, W.L., Keyes, D.B., and Clark, R.L., 1957, Industrial Chemistry, John Wiley and Sons, London.
- Geankoplis, C.J. and J.F. Richardson, 1989, Design Transport Process and Unit Operation, Pegamon Press Singapore
- Treybal, R.E., 1981, Mass Transfer Operation 3<sup>rd</sup> ed., Mc. Graw-Hill Book Company, Singapore.
- Ulrich, G.D., 1984, A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics, John Wiley and Sons, Inc., New York..
- Yaws, 1979, Thermodynamic and Physical Properties Data, Mc. Graw Hill Book Co., Singapore.

## LAMPIRAN

Hasil tes originalitas karya ilmiah, tes menggunakan *software* turnitin.

The screenshot displays the Turnitin Document Viewer interface in Google Chrome. The document being reviewed is titled "NASKAH PUBLIKASI PRARANCANGAN PABRIK GIPSUM DENGAN PROSES DESULFURISASI GAS BUANG PLTU KAPASITAS 2000 TON/TAHUN" by FATEKAH LINA. The document is from Universitas Muhammadiyah Surakarta. The Turnitin report shows a similarity score of 15% (OUT OF 70). The Match Overview panel on the right lists the following matches:

Match Number	Source	Similarity Percentage
1	Submitted to Universitas Muhammadiyah Surakarta	11%
2	radiks.files.wordpress.com	3%
3	Muzio, L. J., and G. R. ...	1%
4	Lekhal, A.. "The effect ..."	<1%
5	yosemite.epa.gov	<1%
6	Polyanin, . "Suppleme..."	<1%

The document content includes the title, the university logo, the author's name (FATEKAH LINA NURMA WATI), and the ID (D 500 090 015). The document is 1 page long.